



Universidad
Continental



Guía de Laboratorio

Ingeniería de control I

Guía de Laboratorio
Ingeniería de Control I
Elaborada por Máximo Jesús López Cavero

Primera edición digital
Huancayo, abril de 2017

De esta edición

© Universidad Continental, Oficina de Gestión Curricular
Av. San Carlos 1795, Huancayo-Perú
Teléfono: (51 64) 481-430 anexo 7361
Correo electrónico: recursosucvirtual@continental.edu.pe
<http://www.continental.edu.pe/>

Versión en PDF, disponible en <http://repositorio.continental.edu.pe/>

Cuidado de edición

Jullisa Falla Aguirre, Fondo Editorial

Diseño y diagramación

Yesenia Mandujano, Fondo Editorial

Todos los derechos reservados.
Cada autor es responsable del contenido de su propio texto.

La *Guía de Laboratorio*, recurso educativo editado por la Oficina de Gestión Curricular, puede ser impresa para fines de estudio.

Índice

Normas básicas de Laboratorio	4
Guía de práctica 1. Introducción a MATLAB	6
Guía de práctica 2. Vectores y matrices en MATLAB	10
Guía de práctica 3. Gráficos en MATLAB	15
Guía de práctica 4. Álgebra lineal en MATLAB	20
Guía de práctica 5. Clases de sistemas de control	24
Guía de práctica 6. Sistemas de primer orden	28
Guía de práctica 7. Sistemas de segundo orden	32
Guía de práctica 8. Sistemas de orden superior. Criterio de Routh-Hurwitz y lugar geométrico de raíces	37
Guía de práctica 9. Diagramas de Bode, Nyquist, Nichols	42
Guía de práctica 10. Controlador proporcional (P)	46
Guía de práctica 11. Controlador Integral(I)	50
Guía de práctica 12. Controlador Proporcional, integral, derivativo(PID)	54

NORMAS BÁSICAS DE LABORATORIO

A. Ingreso al Laboratorio

1. Para acceder al Laboratorio, se requiere estar matriculado en el semestre académico y/o estar desarrollando un trabajo de investigación, así mismo firmar la declaración jurada, después de la inducción dada por el equipo de trabajo del Área de Energía.
2. Deben ingresar al Laboratorio con la indumentaria adecuada según la práctica programada (guantes descartables, casco de seguridad, lentes de seguridad, guantes dieléctricos, guardapolvo 100 % de algodón y de manga larga, zapatos dieléctricos etc.); caso contrario, no se permitirá el ingreso del alumno al laboratorio.
3. No portar accesorios personales que puedan comprender riesgos de accidentes mecánicos, químicos o por fuego, como anillos, pulseras, collares y sombreros.
4. Evitar el cabello suelto, debe estar sujetado.
5. Revise las medidas y el equipo de seguridad en el Laboratorio.

B. Permanencia en el Laboratorio

1. Los objetos personales o innecesarios deben guardarse en la parte baja de las mesas para tal fin.
2. Aplicar las medidas de seguridad necesarias con los equipos y materiales.
3. Antes y después de la práctica programada, verificar el estado de los equipos y materiales. En el caso de tener alguna observación sobre el estado de los mismos, informar inmediatamente al docente y/o al personal del Laboratorio; caso contrario se presumirá que el daño fue causado por usted y/o los manipuladores, lo que conllevará a su responsabilidad y reposición del bien.
4. En la mesa de trabajo mantener sólo el material requerido para la práctica.
5. Trabajar adecuadamente y con responsabilidad.
6. No usar los celulares.
7. No ingerir alimentos ni bebidas en el Laboratorio.
8. Respetar y obedecer las señalizaciones de seguridad.
9. Evitar las distracciones durante el desarrollo de las prácticas.

C. Para uso de los equipos

1. Se atenderá de acuerdo con los datos del requerimiento presentado en forma virtual o física por el docente.
2. Los equipos se usan exclusivamente dentro del Campus universitario.
3. En el caso que amerite la salida de un equipo fuera de la Universidad, esta se realizará con un documento de autorización del docente del curso y en coordinación respectiva con el Área de Control Patrimonial de la Universidad.
4. Los equipos serán entregados al jefe de cada grupo previa entrega del carné universitario actual y DNI.
5. En el caso de descalibración o deterioro del equipo por mal manejo, los gastos de calibración y reparación corren a cuenta de todos los integrantes del grupo.
6. El estudiante que sustraiga material del Laboratorio será severamente sancionado, en concordancia con el reglamento de disciplina de la Universidad.

D. Al concluir la práctica

1. Disponer de los residuos al tacho para residuos generales.
2. Dejar la mesa de trabajo limpia y ordenada.
3. Dejar las sillas ordenadas.
4. Antes de salir del Laboratorio, el estudiante debe retirarse el guardapolvo y demás equipo de seguridad y guardarlo en una bolsa de plástico exclusiva para este uso.
5. Devolver al Personal del Área de Energía los equipos limpios y en las mismas condiciones que se les entregó.
6. En el Laboratorio no se permitirá el almacenamiento de objeto alguno que no corresponda con los fines y objetivos académicos del mismo, y de encontrarse será retirado por el personal de mantenimiento.

E. De los materiales y equipos deteriorados

1. En caso de que el alumno deteriore algún material y/o equipo, que impida su buen estado y funcionamiento, por mala utilización del mismo, se registrarán los datos del alumno responsable, quien tendrá un plazo de 48 horas para la reposición del material y/o equipo deteriorado, con las mismas características o superior.
2. En caso se incumpla lo anterior, el estudiante o estudiantes firmarán un formato de autorización de recargo a su cuenta personal; pago que deberá hacerse en efectivo en la caja de la Universidad.

Guía de Práctica 1

INTRODUCCIÓN A MATLAB

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con man-dil blanco y los materiales solicitados.

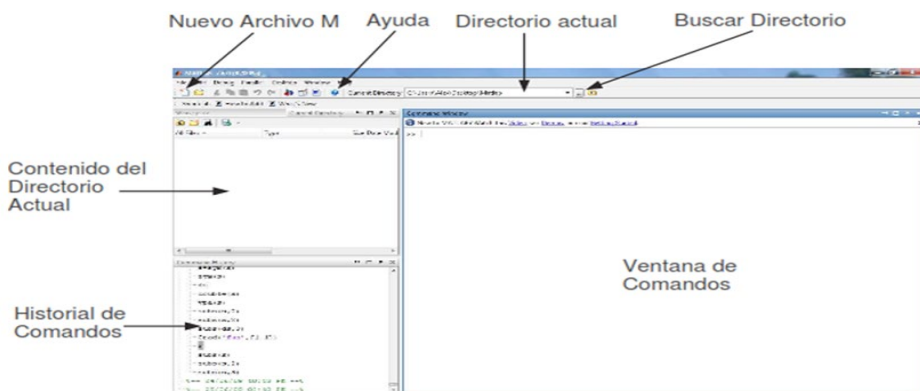
1. Objetivo

- Identificar los comandos básicos de MATLAB.
- Escribir programas básicos en MATLAB.

2. Fundamento teórico

Borja (2012) refiere que MATLAB es el nombre abreviado de "MATrix LABoratory", un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices. Una de las capacidades más atractivas es la de realizar una amplia variedad de gráficos en dos y tres dimensiones.

En la ventana de comandos se realiza todo tipo de operaciones. Los comandos se escriben a continuación del prompt (>>). Para realizar un programa, es preferible crear un archivo m independiente. MATLAB es sensible a las mayúsculas y minúsculas.



3. Equipos

3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
PC	Programa MATLAB/Octave	1 por estudiante

4. Indicaciones

- Los estudiantes trabajan individualmente.
- Cada estudiante presentará un informe de la práctica de Laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimientos

5.1. En la ventana de comandos, realizar las siguientes operaciones elementales:

- a) `>> 2 + 8`
- b) `>> 2 ^ 4`
- c) `>> 2*3^2 + (4 - 8)*3`
- d) `>> 2/3 + 5 - 8`
- e) `>> 2/3 + 5/3`
- f) `>> rat (2/3 + 5/3)`
- g) `>> sqrt(64)`
- h) `>> format long`
`>> pi`

5.2. Ejecutar las funciones aritméticas y trigonométricas

- a) `>> factor (44)` %factores primos de 44
- b) `>> primes (24)` %números primeros hasta 24
- c) `>> isprime (15)` %determinar si un número es primo
- d) `>> gcd(12, 14)` %máximo común divisor de 12 y 14
- e) `>> lcm(12,4)` %mínimo común múltiplo de 12 y 4
- f) `>> factorial(5)` %factorial de 5
- g) `>> sin(pi/2)` %seno de pi/2
- h) `>> tan(pi/4)` %tan de pi/4

5.3. Uso de variables

- a) `>> x = 42;`
`>> a = 5;`
`>> x`
`>> x = 23;`
`>> x + a`
- b) `>> x = 5;`
`>> x = x + 2;`
`>> x`
- c) `>> b = 3;`
`>> c = 4;`
`>> c < b`

5.4. Comunicación con el usuario

- a) `>> disp(' Curso de Matlab ');`
- b) `>> x = 43;`
`>> disp(x);`
- c) `>> a = 56;`
`>> fprintf('El valor de a es %d \n', a);`
- d) `>> a = 56;`
`>> b = 25.5;`
`>> fprintf('Una es %d y la otra es %f ', a,b);`
- e) `>> n = input('Ingresar un numero ');`
- f) `>> r = input('Ingresar su nombre', 's');`

5.5. Escribir programa, utilizando el editor de matlab, para calcular el área del círculo.

```
% AREA DEL CIRCULO
% Entrada de datos
r = input(' leer radio del circulo : ');
% Proceso
A = pi*r*r;
% Mostrar la salida
fprintf(' El área es %f\n ', A);
```


6. Resultados

- a)
.....
- b)
.....
- c)
.....

7. Conclusiones

- a)
.....
- b)
.....
- c)
.....

8. Sugerencias y/o recomendaciones

- a)
.....
.....
- b)
.....
.....
- c)
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.ª edición. Edit. Alfaomega.

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.ª edición. Edit. Prentice Hall.

BORJA, V. (Marzo 2013). *Herramientas computacionales para la matemática. MATLAB: Introducción*. [Consulta en línea], recuperado de <http://www.utm.mx/~vero0304/HCPM/2-variables-funciones.pdf>

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

Guía de Práctica 2

VECTORES Y MATRICES EN MATLAB

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con man-dil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

- Conocer los comandos de creación de vectores y matrices en MATLAB
- Conocer los comandos para operaciones con vectores y matrices en MATLAB

2. Fundamento teórico

MATLAB maneja en forma matricial todas las variables establecidas por el usua-rio, así como las predefinidas dentro de MATLAB. Los elementos de una matriz pueden ser números, letras, matrices, etc. Por ejemplo, una tabla de números for-ma una matriz, así como también los pixeles de una imagen.

Vector fila o columna

>> A = [2 0 -3 5 -8], B = [2; 0; -3; 5; -8]

$$A = [2 \quad 0 \quad -3 \quad 5 \quad -8] \quad \text{Vector fila}$$

$$B = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ -3 \\ 5 \\ -8 \end{bmatrix} \quad \text{Vector columna}$$

Matriz

>> A = [2 3 -2 5; 4 0 3 6; 6 -1 -4 -7]

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 2 & 3 & -2 & 5 \\ 4 & 0 & 3 & 6 \\ 6 & -1 & -4 & -7 \end{pmatrix} \left. \vphantom{\begin{pmatrix} 2 & 3 & -2 & 5 \\ 4 & 0 & 3 & 6 \\ 6 & -1 & -4 & -7 \end{pmatrix}} \right\} \text{Filas} = 3 \Rightarrow m = 3$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Columnas}} = 4 \Rightarrow n = 4$$

A es de orden 3 x 4, o bien **A** _{3x4}

Operaciones con matrices

Son la suma, la resta, el producto escalar por una matriz, el producto y la división. Al realizar estas operaciones es importante verificar que las matrices satisfagan las condiciones establecidas en la definición de la operación respectiva.

- >> A + B
- >> A - B
- >> A*B
- >> A/B

Potencia de una matriz

Si p es un escalar Ap es la matriz elevada al escalar p

```

>> A = [2 5; 4 9];
>> p = 2;
>> A ^ p
ans =
24 55
44 101
    
```

Operaciones punto

También existen las operaciones punto multiplicación y punto división. Los resultados son operaciones elemento a elemento de las matrices.

```

>> A = [2 5; 4 9];
>> p = 2;
>> A .^ p
ans =
4 25
16 81
    
```

3. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
PC	Instalado con programa MATLAB/Octave	1 por estudiante

4. Indicaciones

- Los estudiantes trabajan individualmente.
- Cada estudiante presentará un informe de la práctica de laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimiento

5.1. Creación de vectores, matrices y ubicar elementos

- a) `>> A = [1 2 3]` % vector fila
- b) `>> B = [1; 2; 3]` % vector columna
- c) `>> C = [1 2 4; 5 7 8]` % matriz de 2 filas y 3 columnas
- d) `>> D = [1:10]` % vector fila de 10 elementos 1,2,...10
- e) `>> E = [4:15]` % vector fila de 11 elementos 4,5,...15
`>> E(1)` % mostrar primer elemento de vector E
- f) Definir el vector $V = (2, 3, 4, \dots, 20)$ mostrar tercera y quinta componente.

5.2. Operaciones con vectores

- a) Dado los vectores $v = (1, 0, -2, 5)$ y $w = (1, 2, 3, 6)$ y $c = 5$, calcular: $v + w$, $v - w$, $c*w$
- b) `>> C = [1 2 4; 5 7 8]`
`>> D = [1 2; 4 5; 7 8]`
`>> E = C*D` %producto de matrices
- c) `>> [1 2 3 4 5].^4` % operación punto
- d) `>> v = [2 4 34 -2 3 8 9 0];`
`>> max(v)` % elemento mayor de v
`>> min(v)` % elemento menor de v
`>> sum(v)` % suma de elementos de v
`>> prod(v)` % producto de elementos de v
`>> mean(v)` % media aritmética de v

5.3. Polinomios

Tenemos los polinomios $p_1(x) = x^4 + x^3 - x^2 + 4x + 8$ y $p_2(x) = x^3 - 2x^2 + 4x + 8$

```
>> p1 = [1 1 -1 4 8]      % definir p1(x)
>> p2 = [1 -2 4 8]      % definir p2(x)
>> polyval(p1,2)        % evaluar p1(2)
>> polyval(p2,0)        % evaluar p2(0)
>> roots(p1)            % raíces de p1
>> conv(p1,p2)          % multiplicar p1(x) y p2(x)
>> [c,r] = deconv(p1,p2) % dividir p1(x) entre p2(x)
```

6. Resultados

- a)
-
-
- b)
-
-
- c)
-
-

7. Conclusiones

- a)
-
-
-
- b)
-
-
-
- c)
-
-
-

8. Sugerencias y/o recomendaciones

- a)
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.º edición. Editorial Alfaomega,

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.º edición. Editorial Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

Guía de Práctica 3

GRÁFICOS EN MATLAB

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

- Conocer los comandos de MATLAB para graficar en 2D.
- Conocer los comandos de opciones gráficas de MATLAB.

2. Fundamento teórico

Una de las características más importantes de MATLAB es la visualización.

Gráficos en 2D

La instrucción básica es `plot(x, y)`, donde x es un vector de puntos igualmente espaciados que se puede generar con:

```
>> x = linspace(x1, x2, n)
```

n es número de puntos equidistantes, x_1 es el primer punto y x_2 es el último punto.

El vector $y = f(x)$ es de la misma dimensión del vector x

Ejemplo:

<code>>> x = linspace(0,2*pi,100);</code>	<code>% x es un vector de 100 puntos de 0 a 2*pi</code>
<code>>> y = sin(x)</code>	<code>% función a graficar</code>
<code>>> plot (x,y)</code>	<code>% graficar</code>
<code>>> xlabel('x-radianes');</code>	<code>% etiqueta en el eje de abscisas</code>
<code>>> ylabel('f(x)');</code>	<code>% etiqueta en el eje de ordenadas</code>
<code>>> title('Sen(x)')</code>	<code>% título de la gráfica</code>
<code>>> grid on</code>	<code>% activa la cuadrícula en la gráfica</code>

Opciones de gráficas

Existen varias opciones mediante las cuales se puede proporcionar más información en una gráfica:

Código de color	Color	Código de color	Color
y	Amarillo	g	Verde
m	magenta	b	azul
c	Cyan	w	blanco
r	Rojo	k	negro

Código de marcador	Marcador	Código de estilo de línea	Estilo de línea
.	Punto	-	Sólida
O	Círculo	:	Línea de puntos
x	X	-.	Línea y punto
*	asterisco	--	Línea discontinua

Ejemplo: Graficar $f(x) = x \sin x$

```
>> x= -10:0.04:10;
>> y = sin(x).*x;
>> plot(x,y,'-');
```

Modificación de escala

Es posible modificar el máximo y el mínimo de las coordenadas

```
axis([xmin, xmax, ymin,ymax]);
```

Subplot

Una ventana gráfica se puede dividir en m particiones horizontales y n particiones verticales.

```
subplot(m,n,i) % i es el número secuencial de la gráfica
```

Ejemplo:

```
>>X=-1.5:0.05:1.5;
>>Y1=sin(x); y2=x.^2;y3=tan(x);y4=sin(x).*x;
>>subplot(2,2,1),plot(x,y1,'r');
>>subplot(2,2,2),plot(x,y2,'g');
>>subplot(2,2,3),plot(x,y3,'y');
>>subplot(2,2,4),plot(x,y4,'c')
```


3. Equipos

3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
PC	Instalado con programa MATLAB/Octave	1 por estudiante

4. Indicaciones

- Los estudiantes trabajan individualmente.
- Cada estudiante presentará un informe de la práctica de laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimiento

5.1. Gráficos en 2D en una ventana

- a) `>> x=0:0.05:2*pi;`
`>> y = sin(x);`
`>> plot(x,y)`
- b) `>> x=0:0.05:2*pi;`
`>> y = cos(x);`
`>> plot(x,y)`
`>> title('FUNCION COSENO');`
`>>xlabel('eje X')`
`>> ylabel('eje Y')`
`>> grid on`
- c) `>> x =-2*pi:0.05:2*pi;`
`>> y = sin(x);`
`>> plot(x,y,'x');`
`>> xlabel('X');ylabel('Y');`
`>> axis([-8,10,-30,30]);`
- d) `x =0:0.05:2*pi;`
`>> y = sin(x);`
`>> z = cos(x);`
`>> plot(x,y,x,z)`

5.2 Gráficos en 2D en más de una ventana

```
a) >> x = -2:0.05:2;  
    >> y1 = x.^2; y2 = x.^3; y3= cot(x); y4=cos(x);  
    >> subplot(2,2,1);plot(x,y1,'r');  
    >> subplot(2,2,2);plot(x,y2,'g');  
    >> subplot(2,2,3);plot(x,y3,'y');  
    >> subplot(2,2,4);plot(x,y4,'c');
```

6. Resultados

a)

.....

.....

.....

b)

.....

.....

.....

c)

.....

.....

.....

7. Conclusiones

a)

.....

.....

.....

b)

.....

.....

.....

c)

.....

.....

.....

8. Sugerencias y /o recomendaciones

- a)
-
-
-
- b)
-
-
-
- c)
-
-
-

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.ª edición. Editorial Alfaomega,

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

Guía de Práctica 4

ÁLGEBRA LINEAL CON MATLAB

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

- Conocer las funciones para matrices en MATLAB
- Conocer la solución de ecuaciones lineales con MATLAB

2. Fundamento teórico

Funciones para matrices

Nombre	Comentario
det	Determinante de una matriz
rank	Rango de una matriz
trace	Suma de elementos de la diagonal
inv	Inversa de una matriz
diag	Extrae la diagonal de la matriz
tril	Extrae matriz triangular inferior
triu	Extrae matriz triangular superior
eye	Matriz identidad
ones	Matriz de unos
rand	Números aleatorios entre 0 y 1
randn	Números aleatorios distribuidos normalmente con media cero y varianza 1

Sistema de ecuaciones lineales

Dado el sistema de ecuaciones lineales:

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 14$$

$$2x_1 + x_2 + 2x_3 = 10$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 = 9$$

- Se determina la matriz $A(3 \times 3)$ con los coeficientes de las incógnitas x_1 , x_2 y x_3
- Luego la matriz $B(3 \times 1)$ con las constantes

Se obtiene la solución de $AX = B$, $X = B/A$

3. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
PC	Instalado con programa MATLAB/Octave	1 por estudiante

4. Indicaciones

- Los estudiantes trabajan individualmente.
- Cada estudiante presentará un informe de la práctica de Laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimiento

5.1. Calcular el rango, determinante y traza de una matriz

```
>> A = [1 2 3; 2 1 2; 2 1 1];
```

```
>> rank(A)
```

```
>> y = det(A)
```

```
>> trace(A)
```

5.2. Generar la matriz identidad de 3×3 , matriz de unos de 3×3 , matriz de ceros de 3×3

```
>> C = eye(3)
```

```
>> C = ones(3)
```

```
>> C = zeros(3)
```

5.3. Generar matrices con números aleatorios

```
>> C = rand(3) % números aleatorios entre 0 y 1;
```

```
>> C = randn(3) % números aleatorios con distribución normal
```

5.4. Dada la matriz $A = [1\ 2\ 3; 2\ 1\ 2; 2\ 1\ 1]$ transponer la matriz

>> $A = [1\ 2\ 3; 2\ 1\ 2; 2\ 1\ 1];$

>> $B = A'$

5.5. Matriz ampliada

>> $A = [1\ 2\ 3; 2\ 1\ 2; 2\ 1\ 1]$

>> $B = [6\ 2\ ; 5\ 1\ 2; 7\ 1\]$

>> $C = [A\ B]$

5.6. Determinar el tamaño de una matriz

>> $A = [1\ 2\ ; 2\ 1\ 2; 2\ 1\]$

>> $[f\ c] = \text{size}(A);$

5.7. Obtener la matriz triangular superior e inferior

>> $A = [1\ 2\ 3; 2\ 1\ 2; 2\ 1\ 1]$

>> $\text{tril}(A)$ % matriz triangular inferior

>> $\text{triu}(A)$ %matriz triangular superior

5.8. Hallar la inversa de la matriz A

>> $A = [1\ 2\ 3; 2\ 1\ 2; 2\ 1\ 1];$

>> $\text{inv}(A)$

5.9. Sistema de ecuaciones lineales:

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 14$$

$$2x_1 + x_2 + 2x_3 = 10$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 = 9$$

>> $A = [1\ 2\ 3; 2\ 1\ 2; 2\ 1\ 1];$

>> $B = [14; 10; 9];$

>> $X = B/A$

6. Resultados

a)

.....

.....

b)

.....

.....

c)
.....
.....

7. Conclusiones

a)
.....
.....

b)
.....
.....

c)
.....
.....

8. Sugerencias y/o recomendaciones

a)
.....
.....

b)
.....
.....

c)
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería. 2.º ed. Editorial Alfaomega.

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.º ed. Editorial Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

Guía de Práctica 5

CLASES DE SISTEMAS DE CONTROL

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

- Identificar un sistema de control de lazo abierto.
- Identificar un sistema de control de lazo cerrado.

2. Fundamento teórico (Alberto, Pérez y Pérez, 2008, p. 10)

Sistemas de control de lazo abierto

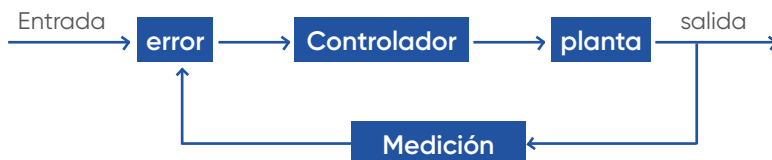
Son sistemas en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. Es decir, la salida ni se mide ni se realimenta para comparar con la entrada.



Como aplicación implementaremos un semáforo convencional que operan en base a tiempos. Si hay mucho o poco tráfico no influye en su funcionamiento.

Sistemas de control de lazo cerrado

Alberto Pérez y Pérez (2008) considera que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control; es decir, son sistemas de control realimentado. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de realimentación, entra al detector o control para reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado.



3. Equipos y materiales

3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Multímetro	Digital	1
Fuente de alimentación	Regulada de 0 a 30V	1
Computadora	Programa PROTEUS	1 por estudiante

3.2. Materiales

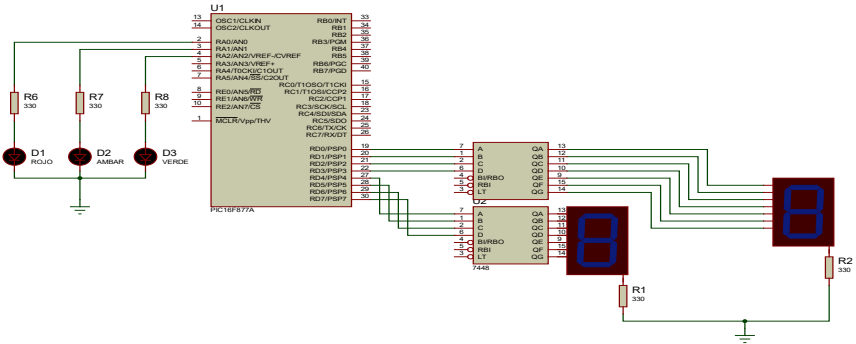
Material	Característica	Cantidad
Protoboard	Estándar	1
Circuitos integrados	PIC 16F877(1), 7448(2)	3
Resistores	De carbón. Valores comerciales entre 10 Ω y 1 M Ω , ¼ W	20
Leds	Colores: rojo, verde, amarillo, azul	4
Displays	Cátodo común	2
Dipswitch	De 8 interruptores	2
Cristal	10 MHz	1
Capacitores	De 15nF, 22nF(2)	3
Cables con conectores	Colores: negro, rojo, anaranjado, amarillo, verde	20

4. Indicaciones

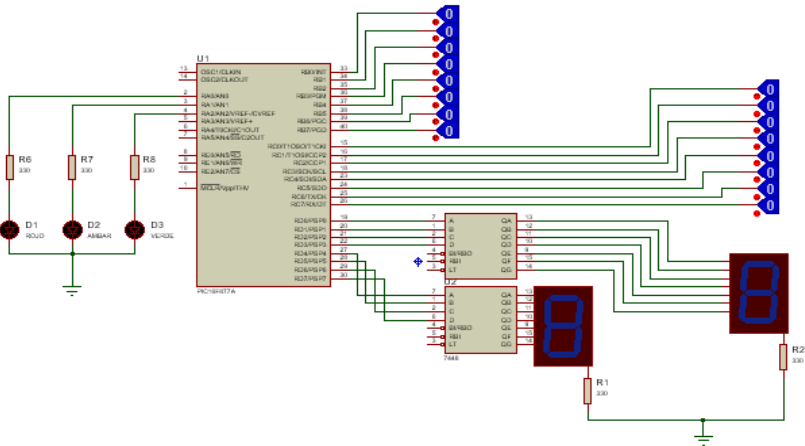
- Los estudiantes forman grupos de hasta 4 integrantes y solicitan el equipo (3.1).
- Los estudiantes anotan las mediciones experimentales y comparan con los valores teóricos.
- Cada grupo presentará un informe de la práctica de Laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimiento

- 5.1. Dibujar un semáforo convencional con el programa PROTEUS.



- 5.2. Escribir programa fuente en lenguaje C.
- 5.3. Simular en programa PROTEUS.
- 5.4. Implementar circuito en protoboard.
- 5.5. Repetir pasos anteriores para semáforo no convencional.



6. Resultados

- a)
-
-
- b)
-
-
- c)
-
-

7. Conclusiones

- a)
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

8. Sugerencias y /o recomendaciones

- a)
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.ª edición. Editorial Alfaomega.

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

OGATA K. (1996). *Ingeniería de control moderna*, 6.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Guía de Práctica 6

SISTEMAS DE PRIMER ORDEN

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

- Identificar los sistemas de primer orden.
- Implementar un sistema de primer orden, visualizar la respuesta en el tiempo.

2. Fundamento teórico

La función de transferencia viene dada por:

$$G(s) = K/(1 + \tau s)$$

Donde K es la ganancia estática y τ la constante de tiempo, que es el tiempo que tarda en alcanzar el 63 % de su salida. La ganancia estática es el cociente entre la amplitud de salida y la de entrada en el régimen permanente.

Las respuestas a las entradas son:

Estímulo	Respuesta
Escalón unitario	$Y = 1 - e^{(-t/\tau)}, t \geq 0$
Rampa unitaria	$Y = t - \tau + \tau e^{(-t/\tau)}, t \geq 0$
Impulso	$Y = (1/\tau) e^{(-t/\tau)}, t \geq 0$

3. Equipos y materiales

3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Multímetro	Digital	1
Fuente de alimentación	Regulada de 0 a 30V	1
Computadora	Programa MATLAB/Octave	1 (por cada grupo)
Osciloscopio	Digital	1 (por cada grupo)

3.2. Materiales

Material	Característica	Cantidad
Protoboard	Estándar	1
Capacitores electrolíticos	47, 100, 1000, 2000 uF a 25V	4
Resistores	De carbón. Valores comerciales entre 10 Ω y 1 M Ω , 1/4 W	20
Cables con conectores	Colores: negro, rojo, anaranjado, amarillo, verde	20

4. Indicaciones

- Los estudiantes forman grupos de hasta 4 integrantes y solicitan el equipo (3.1).
- Los estudiantes anotan las mediciones experimentales y comparan con los valores teóricos.
- Cada grupo presentará un informe de la práctica de Laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimiento

5.1. Escribir código en MATLAB correspondiente a un sistema de primer orden %Respuesta al escalón unitario

```

K = 1;
tau = 1;
num = K;
den = [1 tau];
t = [0:0.1:10];
y = step(num,den,t);
plot(t,y);
title('Respuesta a un escalón unitario');
xlabel('tiempo(seg)');

```

5.2. Escribir código en MATLAB correspondiente a un sistema de primer orden

%Respuesta a una rampa unitaria

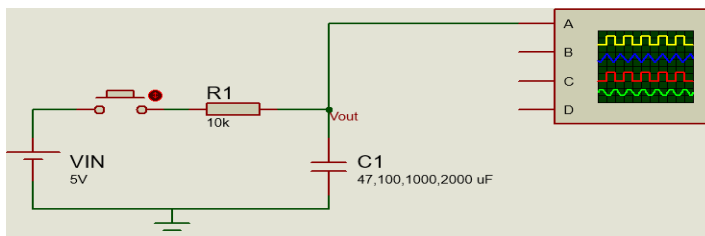
```
K = 1;
tau = 1;
num = K;
den = [1 tau];
ramp = t;
t = [0:0.1:10];
y = lsim(num,den,ramp,t);
plot(t,y,t,ramp);
title('Respuesta a una rampa');
xlabel('tiempo(seg)');
```

5.3. Escribir código en MATLAB correspondiente a un sistema de primer orden

%Respuesta al impulso

```
K = 1;
tau = 1;
num = K;
den = [1 tau];
t = [0:0.1:10];
y = impulse(num,den,t);
plot(t,y);
title('Respuesta a un impulso');
xlabel('tiempo(seg)');
```

5.4. Implementar el circuito mostrado. Dibujar las señales de salida, mostrada en el osciloscopio, para una entrada escalón de 5V.



6. Resultados

a)

.....

.....

b)
.....
.....

c)
.....
.....

7. Conclusiones

a)
.....
.....

b)
.....
.....

c)
.....
.....

8. Sugerencias y /o recomendaciones

a)
.....
.....

b)
.....
.....

c)
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería. 2.º edición. Edit. Alfaomega,
HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.º edición. Edit. Prentice Hall.
Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>
OGATA K. (1996). Ingeniería de control moderna, 6.º edición. Edit. Prentice Hall.

Guía de Práctica 7

SISTEMAS DE SEGUNDO ORDEN

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

- Identificar un sistema de segundo orden.
- Conocer respuestas de sistema de segundo orden a la función escalón.

2. Fundamento teórico

La representación normal de un sistema de segundo orden en forma de función de transferencia viene dada por:

$$G(s) = \frac{K(\omega_n)^2}{s^2 + 2\omega_n s + (\omega_n)^2}$$

Donde:

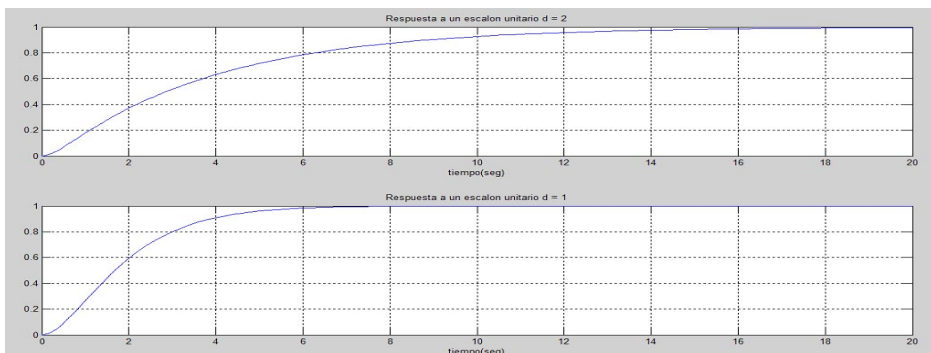
K = ganancia estática del sistema.

δ = delta: coeficiente de amortiguamiento

ω_n = Frecuencia natural no amortiguada del sistema

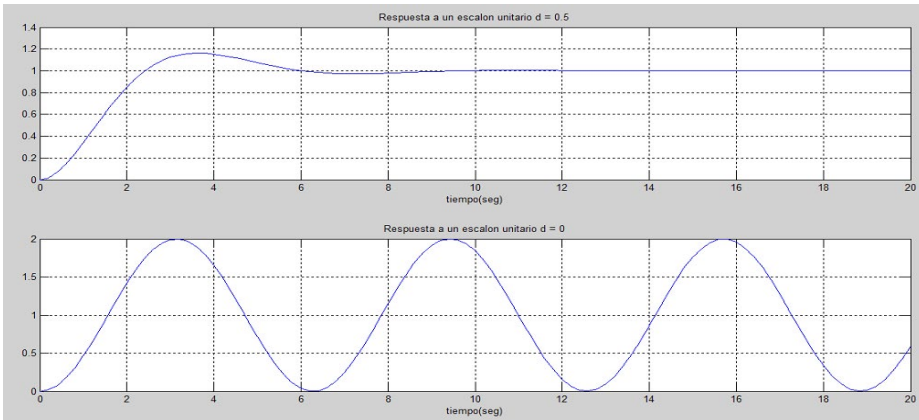
Caso 1: Si $\delta > 1$, tiene 2 raíces reales distintas (sobreamortiguado).

Caso 2: Si $\delta = 1$, tiene 2 raíces reales iguales (críticamente amortiguado).

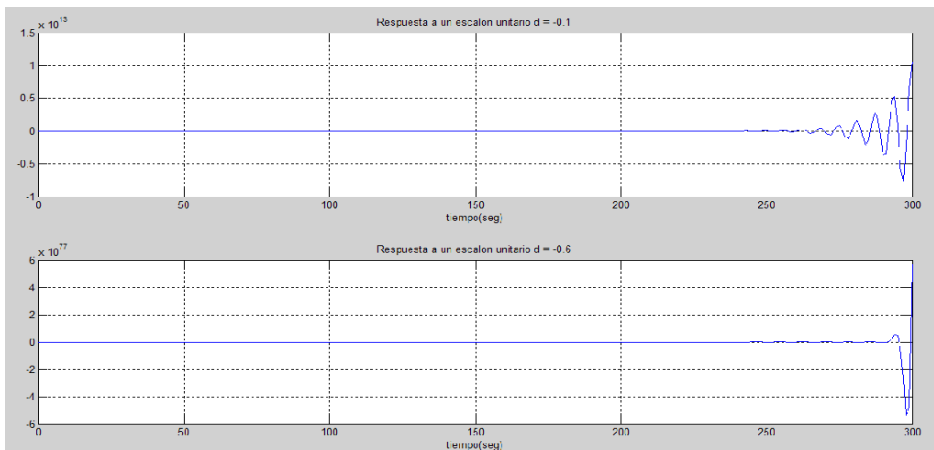


Caso 3: Si $0 < \delta < 1$, se tiene 2 raíces complejas conjugadas (subamortiguado).

Caso 4: Si $\delta = 0$, respuesta oscilatoria. Sistema críticamente estable.



Caso 5: Si $\delta < 0$, sistema inestable.



3. Equipos y materiales

3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Multímetro	Digital	1
Fuente de alimentación	Regulada de 0 a 30V	1
Computadora	Programa MATLAB/Octave	
Osciloscopio	Digital	Uno por grupo

3.2. Materiales

Material	Característica	Cantidad
Protoboard	Estándar	1
Capacitores	100, 1000, 2000uF	3
Inductores	10, 100 uH	2
Resistores	De carbón. Valores comerciales entre 10Ω y $1 M\Omega$, $\frac{1}{4} W$	20
Cables con conectores	Colores: negro, rojo, anaranjado, amarillo, verde	20

4. Indicaciones

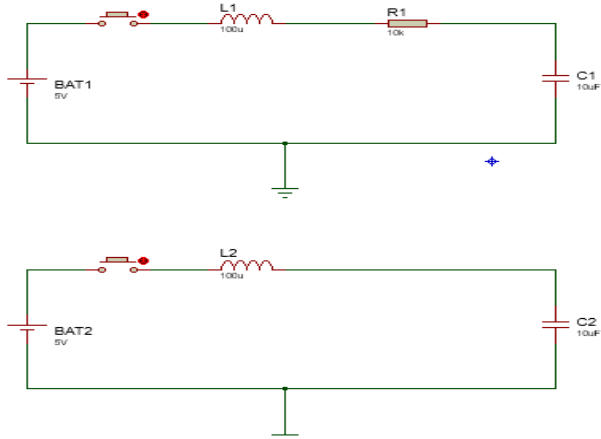
- Los estudiantes forman grupos de hasta 4 integrantes y solicitan el equipo (3.1).
- Los estudiantes anotan las mediciones experimentales y comparan con los valores teóricos.
- Cada grupo presentará un informe de la práctica de laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimiento

5.1. Escribir programa en MATLAB y dibujar las salidas para diferentes valores de delta.

```
% t = 0:0:2:20;
wn = 1;
d =
num = [wn*wn];
den = [1,2*d*wn,w*wn];
y = step(num,den,t);
plot(t,y);
title('Respuesta a un escalon unitario');
xlabel('tiempo(seg)');
grid;
```

5.2. Implementar los sistemas de segundo orden. Dibujar las salidas del sistema.



6. Resultados

- a)
-
-
-
- b)
-
-
-
- c)
-
-
-

7. Conclusiones

- a)
-
-
- b)
-
-
- c)
-
-

8. Sugerencias y /o recomendaciones

a)
.....
.....
.....

b)
.....
.....
.....

c)
.....
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.º edición. Editorial Alfaomega.

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.º edición. Edit. Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

OGATA K. (1996). *Ingeniería de control moderna*. 6.º edición. Editorial Prentice Hall.

Guía de Práctica 8

SISTEMAS DE ORDEN SUPERIOR.

CRITERIO DE ROUTH-HURWITZ Y LUGAR GEOMÉTRICO DE RAÍCES

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con man-dil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

- Conocer el criterio de Routh-Hurwitz.
- Conocer la curva paramétrica lugar geométrico de raíces.

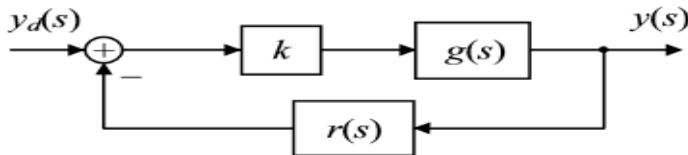
2. Fundamento teórico

Criterio de Routh-Hurwitz

El criterio de Routh-Hurwitz es un método algebraico que analiza la ecuación característica de la función de transferencia de un sistema y permite estudiar la estabilidad.

$$\frac{y(s)}{y_d(s)} = \frac{kg(s)}{1 + kg(s)r(s)} = \frac{n(s)}{d(s)},$$

$$d(s) = s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0$$



A partir de la ecuación característica se genera:

$$d(s) = s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1s + a_0$$

s^n	$\delta_{01} = 1$	$\delta_{02} = a_{n-2}$	$\delta_{03} = a_{n-4}$	\dots
s^{n-1}	$\delta_{11} = a_{n-1}$	$\delta_{12} = a_{n-3}$	$\delta_{13} = a_{n-5}$	\dots
s^{n-2}	δ_{21}	δ_{22}	δ_{23}	\dots
s^{n-3}	δ_{31}	δ_{32}	δ_{33}	\dots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
s^1	$\delta_{n-1,1}$	0	0	\dots
s^0	δ_{n1}			

$$\delta_{ij} = \frac{\delta_{i-1,1}\delta_{i-2,j+1} - \delta_{i-2,1}\delta_{i-1,j+1}}{\delta_{i-1,1}} ; i = 2, \dots, n ; j = 1, 2, \dots$$

El criterio establece que el número de raíces de $d(s)$ con parte real positiva es igual al número de cambios de signo en la primera columna.

Ejemplo: $d(s) = 3s^3 + s^2 + 2s + 4$

s^3	3	2
s^2	1	4
s^1	-10	0
s^0	4	

Hay 2 cambios de signo en la primera columna, en consecuencia 2 raíces en la parte real positiva. El sistema es inestable.

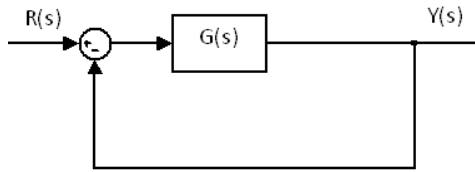
Lugar geométrico de las raíces

Es una curva paramétrica (parámetro K de ganancia) que nos permite analizar la estabilidad de un sistema en lazo cerrado a partir de un sistema en lazo abierto.

$\text{sys}=\text{tf}(\text{Num},\text{Den})=G$ $\text{rlocus}(\text{sys},K)$ Obtiene el lugar de raíces para un rango K .	
$\text{sys}=G(s)H(s)$ $\text{rlocus}(\text{sys},K)$ nos grafica el lugar de raíces, para un rango de K .	
$[r,K]=\text{rlocus}(\text{sys})$	Obtiene un conjunto de puntos. Para cada k obtiene todas las raíces "r". Donde r son las raíces del sistema en lazo cerrado.
$r=\text{rlocus}(\text{sys},K)$	Obtiene las raíces "r" en lazo cerrado para cada valor de K .
$\text{rlocfind}(\text{sys})$	Selecciona un punto con el mouse y obtiene para este valor el K y el r . Si el punto no es parte del LGR, obtiene el K para ese punto y las raíces que no son del LGR.

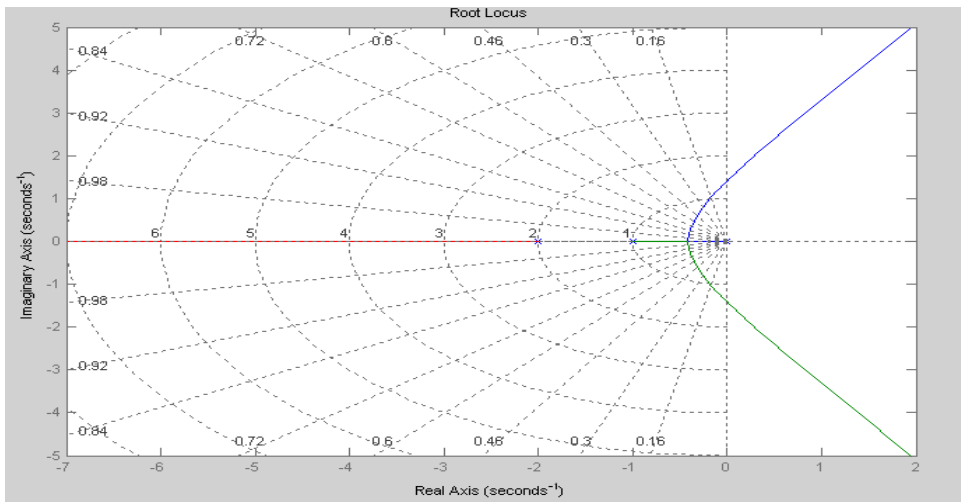
Ejemplo: Graficar el lugar geométrico de raíces

$$G(s) = \frac{25}{s(s+1)(s+2)}$$



```

clc;clear;close all;
Num=25;
Den=conv([1 1 0],[1 2]);
rlocus(Num,Den);
sgrid;
    
```



3. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Computador	Programa MATLAB/Octave	1 por estudiante

4. Indicaciones

- Los estudiantes trabajan individualmente.
- Cada estudiante presentará un informe de la práctica de laboratorio en la próxima sesión.

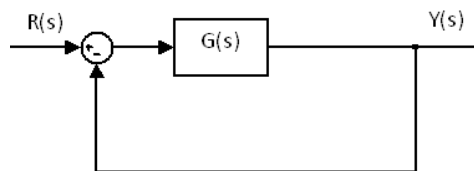
5. Procedimiento

- 5.1. Utilizando el criterio de Routh-Hurwitz verificar la estabilidad de los sistemas cuyas ecuaciones características son:

- a) $3S^3 + S^2 + 2S + 4$
- b) $3S^3 + 6S^2 + 2S + 4$
- c) $3S^3 + 8S^2 + 2S + 4$
- d) $S^4 + 2S^3 + 3S^2 + 4S + 5$
- e) $S^5 + S^4 + 3S^3 + 5S^2 + 2S + 1$

Para hallar las raíces, utilizar el comando root de MATLAB, luego dibujarlas en el plano s.

5.2. Graficar el lugar geométrico de raíces de los sistemas:



- a)
$$G(s) = \frac{K}{s(S+1)}$$
- b)
$$G(s) = \frac{K(S+5)}{S(S+1)(S+2)}$$

6. Resultados

- a)

- b)

- c)

7. Conclusiones

- a)
-
-
-
- b)
-
-
-
- c)
-
-
-

8. Sugerencias y/o recomendaciones

- a)
-
-
-
- b)
-
-
-
- c)
-
-
-

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.ª edición. Editorial Alfaomega.

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.ª edición. Edit. Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

OGATA K. (1996). *Ingeniería de control moderna*. 6.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Guía de Práctica 9

DIAGRAMAS DE BODE, NYQUIST Y NICHOLS

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

Conocer la respuesta en frecuencia de los sistemas de control de lazo cerrado mediante los diagramas de Bode, Nyquist y Nichols.

2. Fundamento teórico

Diagramas de Bode

En un diagrama de Bode se observa la función de transferencia de un sistema versus la frecuencia en una escala logarítmica; para ello, se introduce una señal sinusoidal por la entrada del sistema y se observa la respuesta en "estado estacionario".

Para observar la función de transferencia, se observa tanto la magnitud (espectro de magnitud) como el de la fase (espectro de fase). En MATLAB es muy sencillo graficar el diagrama de Bode.

Dada una función de transferencia $FT = \text{Num}/\text{Den}$ el comando para graficar es:

bode(Num,Den)	Grafica la respuesta en frecuencia en magnitud y fase de la función Num/Den en escala logarítmica.
H=tf(Num,Den) bode(H)	Realiza lo mismo que el anterior.

Diagramas polares de Nyquist y Nichols

Smith y Corripio (1991) refiere que:

- nyquist(num,den,w)
- nichols(num,den,w)

3. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Computador	Programa MATLAB/Octave	Uno por estudiante

4. Indicaciones

- Los estudiantes trabajan individualmente.
- Cada estudiante presentará un informe de la práctica de laboratorio en la próxima sesión.

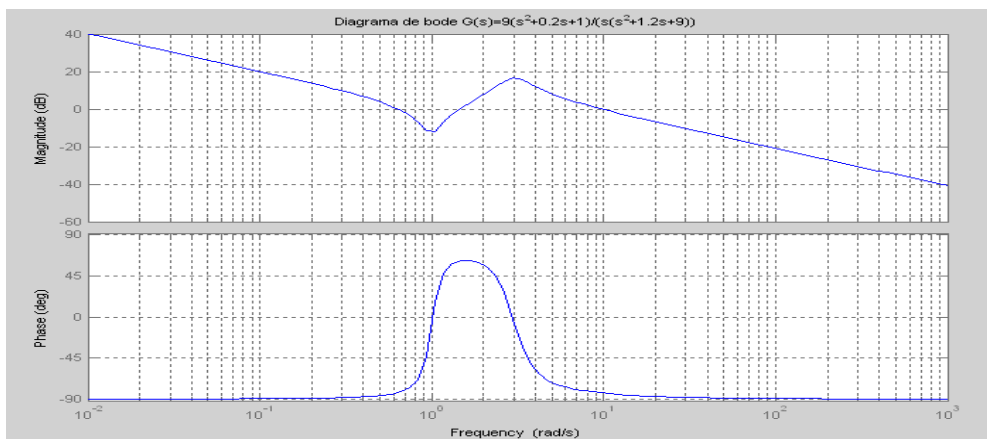
5. Procedimiento

5.1. Dibujar el diagrama de Bode de la función de transferencia:

$$G(s) = \frac{9(s^2 + 0.2s + 1)}{s(s^2 + 1.2s + 9)}$$

Dibujar diagramas de Bode

```
clc;clear;close all;
Num=[9 1.8 9];
Den=[1 1.2 9 0];
G=tf(Num,Den)
w=logspace(-2,3,100);          %% w está entre 10-2 y 103 y hay 100 puntos.
bode(G,w)
title('Diagrama de bode G(s)=9(s2+0.2s+1)/(s(s2+1.2s+9))');
```



5.2. Dibujar el diagrama de Nyquist de la función de transferencia:

$$G(s) = \frac{9(s^2 + 0.2s + 1)}{s(s^2 + 1.2s + 9)}$$

```

clc;clear;close all;
Num=[9 1.8 9];
Den=[1 1.2 9 0];
G=tf(Num,Den)
w=logspace(-2,3,100);          %% w está entre 10-2 y 103 y hay 100 puntos.
nyquist(G,w)
title('Diagrama de Nyquist de G(s) = 9(s^2+0.2s+1)/(s(s^2+1.2s+9))');
    
```

5.3 Dibujar el diagrama de Nichols de la función de transferencia:

$$G(s) = \frac{9(s^2 + 0.2s + 1)}{s(s^2 + 1.2s + 9)}$$

```

clc;clear;close all;
Num=[9 1.8 9];
Den=[1 1.2 9 0];
G=tf(Num,Den)
w=logspace(-2,3,100);          %% w está entre 10-2 y 103 y hay 100 puntos.
nichols(G,w)
title('Diagrama de Nichols de G(s)=9(s^2+0.2s+1)/(s(s^2+1.2s+9))');
    
```

6. Resultados

- a)
-
-
-

- b)
-
-
-

- c)
-
-
-

7. Conclusiones

- a)
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

8. Sugerencias y/o recomendaciones

- a)
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.ª edición. Edit. Alfaomega.

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.ª edición. Edit. Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

OGATA K. (1996). *Ingeniería de control moderna*. 6.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Guía de Práctica 10

CONTROLADOR PROPORCIONAL (P)

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

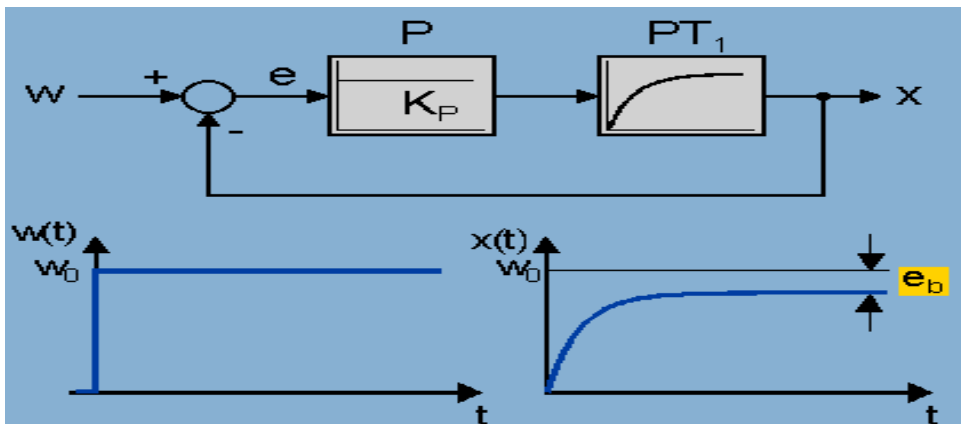
- Conocer el controlador proporcional.
- Implementar un controlador proporcional.

2. Fundamento teórico

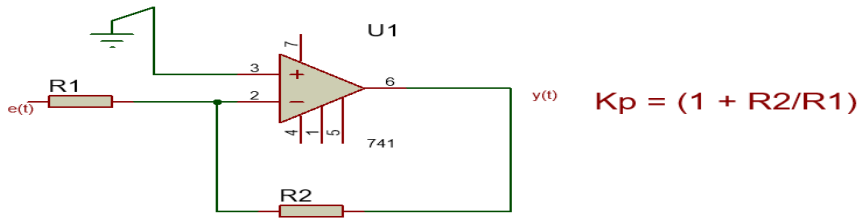
El controlador contiene la inteligencia del bucle de control. El controlador de acción proporcional P tiene un coeficiente K_p , genera una variable reguladora $y(t)$ proporcional a la señal de error $e(t)$: cuanto más grande sea la señal de error, mayor será la acción de control.



En el sistema de lazo cerrado la señal de error dependerá de K_p .



Implementación del controlador proporcional:



3. Equipos y materiales

3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Multímetro	Digital	1
Fuente de alimentación	Regulada de 0 a 30V	1
Computadora	Programa PROTEUS	1 por alumno
Osciloscopio	Digital	Uno por grupo

3.2. Materiales

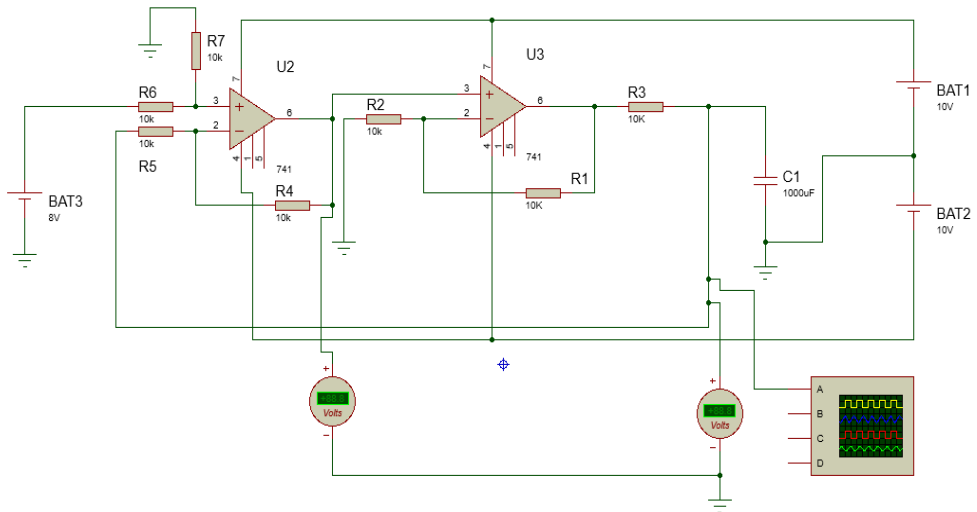
Material	Característica	Cantidad
Protoboard	Estándar	1
Capacitores	100, 1000, 2000uF	3
Amplificador operacional	LM741	3
Resistores	De carbón. Valores comerciales entre 10 Ω y 1 MΩ, 1/4 W	20
Cables con conectores	Colores: negro, rojo, anaranjado, amarillo, verde	20

4. Indicaciones

- Los estudiantes forman grupos de hasta 4 integrantes y solicitan el equipo (3.1).
- Los estudiantes anotan las mediciones experimentales y comparan con los valores teóricos.
- Cada grupo presentará un informe de la práctica de laboratorio en la siguiente sesión.

5. Procedimiento

5.1. Identificar componentes de sistema de lazo cerrado: controlador, planta, referencia, señal de error, realimentación.



5.2. Simular en PROTEUS sistema de lazo cerrado con controlador proporcional y como planta un sistema de primer orden. Variar R1 de 10K a 100K.

5.3. Implementar sistema de lazo cerrado en protoboard y visualizar salida en el osciloscopio.

6. Resultados

- a)
-
-
-
- b)
-
-
-
- c)
-
-
-

7. Conclusiones

- a)
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

8. Sugerencias y/o recomendaciones

- a)
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.ª edición. Editorial Alfaomega,

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

OGATA K. (1996). *Ingeniería de control moderna*. 6.ª edición. Edit. Prentice Hall.

Guía de Práctica 11

CONTROLADOR INTEGRAL (I)

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

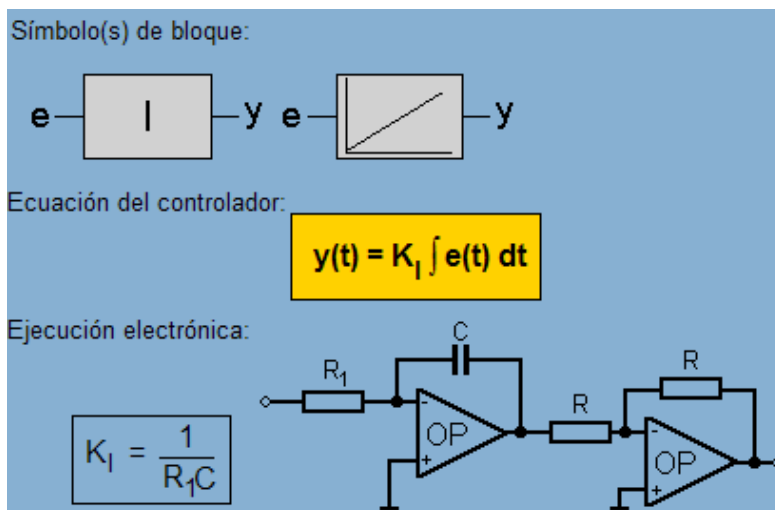
El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

- Conocer el controlador de acción integral.
- Implementar un controlador de acción integral.

2. Fundamento teórico

El controlador de acción integral I tiene un coeficiente K_I . Corresponde a un integrador o elemento I convencional. Su ventaja es que minimiza el error. A través de la integración ascendente de la señal de error, surge una variable reguladora en aumento incluso para valores pequeños de $e(t)$. Esto finalmente hace corresponder exactamente a cero la señal de error.



3. Equipos y materiales

3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Multímetro	Digital	1
Fuente de alimentación	Regulada de 0 a 30V	1
Computadora	Programa PROTEUS	1 por alumno
Osciloscopio	Digital	1 por grupo

3.2. Materiales

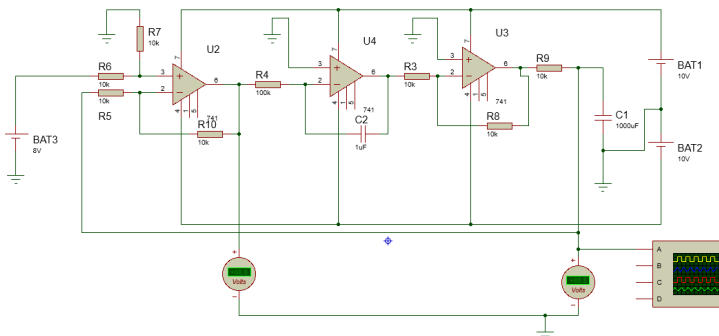
Material	Característica	Cantidad
Protoboard	Estándar	1
Capacitores	100, 1000, 2000uF	3
Amplificador operacional	LM741	3
Resistores	De carbón. Valores comerciales entre 10 Ω y 1 MΩ, ¼ W	20
Cables con conectores	Colores: negro, rojo, anaranjado, amarillo, verde	20

4. Indicaciones

- Los estudiantes forman grupos de hasta 4 integrantes y solicitan el equipo (3.1.)
- Los estudiantes anotan las mediciones experimentales y comparan con los valores teóricos.
- Cada grupo presentará un informe de la práctica de laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimiento

5.1. Identificar componentes de sistema de lazo cerrado



- 5.2. Simular en PROTEUS sistema de lazo cerrado con controlador de acción integral
- 5.3. Implementar sistema de lazo cerrado en protoboard y visualizar salida en osciloscopio

6. Resultados

- a)
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

7. Conclusiones

- a)
.....
.....
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....
.....

8. Sugerencias y /o recomendaciones

- a)
-
-
-
- b)
-
-
-
- c)
-
-
-

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.ª edición. Editorial Alfaomega.

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

OGATA K. (1996). *Ingeniería de control moderna*, 6.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Guía de Práctica 12

CONTROLADORES PID

Docente:

Sección:

Fecha: / / 2017

Duración: 90 minutos

Instrucciones

El estudiante debe llegar antes del inicio de la práctica de Laboratorio, con mandil blanco y los materiales solicitados.

1. Objetivo

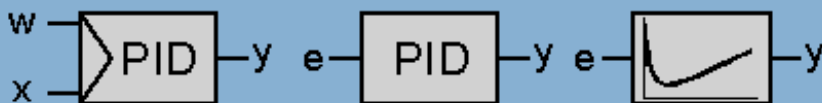
- Identificar al controlador PID.
- Implementar sistema de lazo cerrado con controlador PID.

2. Fundamento teórico

Controlador PID

Para aumentar la velocidad del controlador PI, puede agregarse un elemento de acción derivada (elemento D). El elemento D produce una salida que es proporcional al cambio dinámico de la señal de error.

Símbolo(s) de bloque:

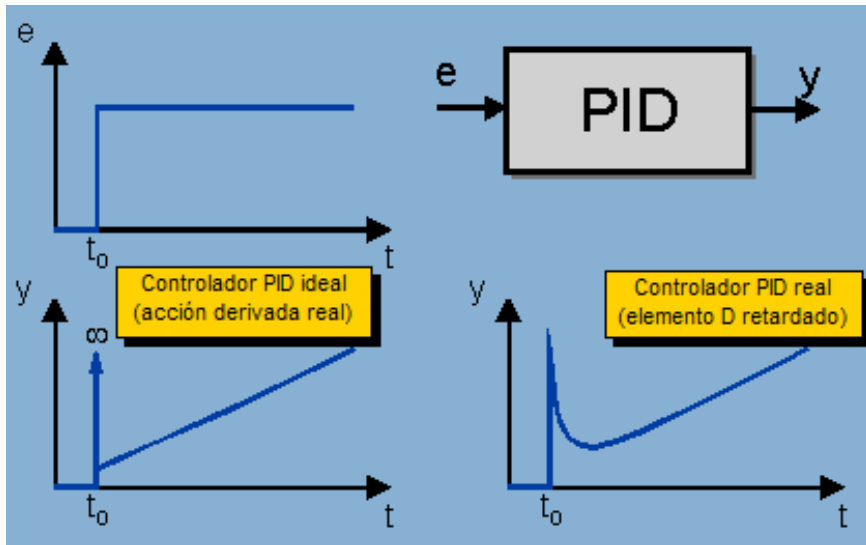


Ecuación del controlador:

$$\begin{aligned}
 y(t) &= K_P(e(t) + \frac{1}{T_n} \int e(t) dt + T_v \frac{d e(t)}{d t}) \\
 &= K_P e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{d e(t)}{d t} \\
 K_I &= \frac{K_P}{T_n} \quad K_D = K_P T_v
 \end{aligned}$$

El componente D del controlador PID genera un impulso (teóricamente) en el

tiempo t_0 . Pero en realidad este impulso está limitado por la variable reguladora técnicamente finita (por ejemplo, tensión de salida del amplificador operacional).



3. Equipos y materiales

3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Multímetro	Digital	1
Fuente de alimentación	Regulada de 0 a 30V	1
Computadora	Programa PROTEUS	1 por alumno
Osciloscopio	Digital	1 por grupo

3.2. Materiales

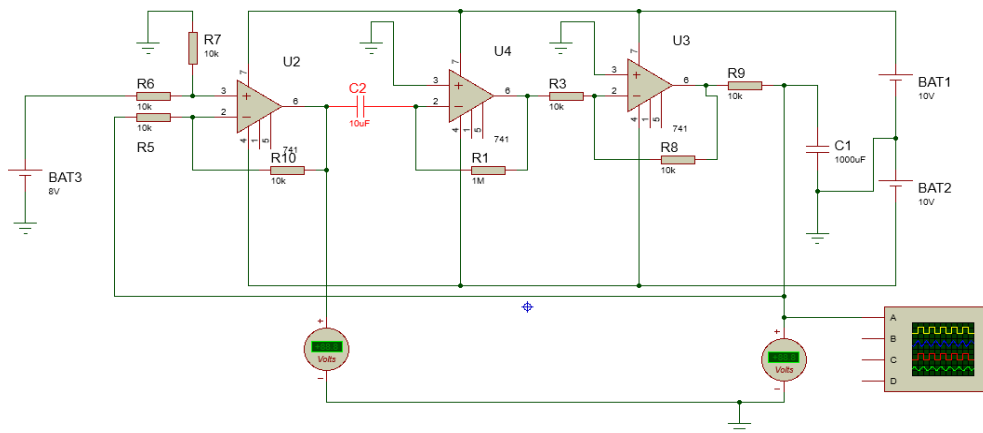
Material	Característica	Cantidad
Protoboard	Estándar	1
Capacitores	100, 1000, 2000uF	3
Amplificador operacional	LM741	3
Resistores	De carbón. Valores comerciales entre 10 Ω y 1 M Ω , 1/4 W	20
Cables con conectores	Colores: negro, rojo, anaranjado, amarillo, verde	20

4. Indicaciones

- Los estudiantes forman grupos de hasta 4 integrantes y solicitan el equipo (3.1.).
- Los estudiantes anotan las mediciones experimentales y comparan con los valores teóricos.
- Cada grupo presentará un informe de la práctica de laboratorio en la próxima sesión.

5. Procedimiento

5.1. Simular en PROTEUS controlador D.



5.2. Dibujar y simular en PROTEUS un controlador PID.

5.3. Trabajo final. Diseñar e implementar un controlador adecuado para una planta.

6. Resultados

- a)
-
-
- b)
-
-
- c)
-
-

7. Conclusiones

- a)
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

8. Sugerencias y/o recomendaciones

- a)
.....
.....
- b)
.....
.....
.....
- c)
.....
.....
.....

Referencias

BÁEZ, L. y CERVANTES V. (2012). *MATLAB con aplicaciones a la Ingeniería*. 2.ª edición. Editorial Alfaomega,

HANSELMAN, D. & Littlefield B. (1996). *Mastering MATLAB*. 4.ª edición. Editorial Prentice Hall.

Math lab para Deep learning. [Consulta en línea], recuperado de <https://es.mathworks.com>

OGATA K. (1996). *Ingeniería de control moderna*, 6.ª edición. Editorial Prentice Hall.

